

УДК 524.387

АР-ЗВЕЗДЫ – ВОЗМОЖНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ СЛИЯНИЙ КОМПОНЕНТ ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

А.И. Богомазов, А.В. Тутуков

Аннотация

При помощи «Машины сценариев» (это компьютерный код для изучения эволюции тесных двойных звезд) исследуются слияния звезд главной последовательности под действием магнитного звездного ветра. Рассчитаны частоты таких событий, построены распределения по суммарным массам сливающихся звезд. Показано, что по крайней мере часть магнитных Ар- и Вр-звезд может быть продуктами слияний маломассивных звезд главной последовательности ($M \lesssim 1.5 M_{\odot}$) с конвективными оболочками.

Ключевые слова: Ар-звезды, слияния компонент тесных двойных звезд.

Введение

Современное состояние исследований эволюционного статуса Ар- и Вр-звезд подробно описано в обзоре [1] и работе [2]. Нас в первую очередь интересует встречаемость магнитных Ар-звезд среди всех звезд спектрального класса А. Величина $R = N_{\text{Ар}} / (N_{\text{Ар}} + N_{\text{А}})$ составляет приблизительно $0.06 \div 0.1$ (здесь $N_{\text{Ар}}$ – количество магнитных Ар-звезд, $N_{\text{А}}$ – количество А-звезд). При этом если ограничить объем, в котором измеряется это соотношение, величина R предположительно становится равной $0.01 \div 0.02$ [3].

Мы предлагаем следующий сценарий образования магнитных Ар-звезд. Ар-звезды – это продукты слияния компонент тесных двойных звезд с конвективными оболочками под влиянием магнитного звездного ветра¹. В этом случае максимальная начальная большая полуось таких систем $a_{\text{max}}/R_{\odot} \simeq 7.25M/M_{\odot}$, а минимальная $a_{\text{min}}/R_{\odot} \simeq 6(M/M_{\odot})^{1/3}$ (см. [4]), где M – массы компонент тесной двойной, принимаемые для этой оценки равными друг другу. Сливаться могут только компоненты тесных двойных систем с исходными массами компонент, большими $\approx 0.75 M_{\odot}$ (с суммарной массой $\approx 1.5 M_{\odot}$). Интервал больших полуосей сливающихся систем увеличивается от нулевого при $M \approx 0.75 M_{\odot}$ до $7 \div 11 R_{\odot}$ при $M = 1.5 M_{\odot}$. Последнее можно оценить с помощью уравнения, описывающего потери орбитального углового момента системы магнитным звездным ветром (уравнение (34) в книге [4]):

$$\frac{d \ln J}{dt} = -10^{-14} \frac{R_2^4 (M_1 + M_2)^2 R_{\odot}}{\lambda^2 a^5 M_1 M_{\odot}} \text{ c}^{-1}. \quad (1)$$

Здесь M_2 и R_2 – масса и радиус компоненты с магнитным звездным ветром, M_1 – масса спутника, a – большая полуось орбиты, λ – параметр магнитного звездного ветра (принят равным 1). Указанный выше интервал больших полуосей отвечает частоте образования Ар-звезд в несколько процентов от числа звезд с начальными

¹Здесь и далее мы рассматриваем магнитный звездный ветер только первичной (более массивной) компоненты.

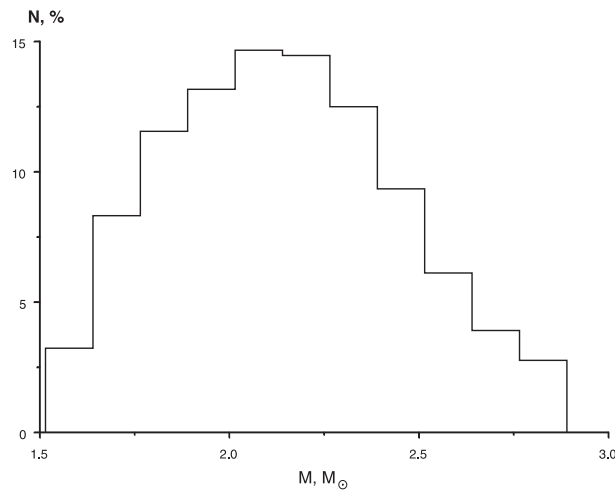


Рис. 1. Распределение по массам звезд главной последовательности, образованных слияниями звезд главной последовательности с конвективными оболочками под действием магнитного звездного ветра

массами, превышающими $1 M_{\odot}$. Сильные магнитные поля звезд – предшественников Ар-звезд в этом сценарии объясняют причину появления сильных полей Ар-звезд. Экваториальные скорости вращения магнитных Ар-звезд при $R \simeq 2 R_{\odot}$ и $P_{\text{orb}} = 0.5 \div 5$ дней заключены в пределах $20 \div 200$ км/с, то есть могут быть высокими. Следует также отметить, что низкая скорость осевого вращения многих Ар-звезд не может быть однозначным аргументом против сценария образования Ар-звезд в результате слияний звезд главной последовательности с конвективными оболочками, так как в процессе слияния угловой момент мог быть потерян вместе с частью вещества.

1. Популяционный синтез

Принципы работы «Машины сценариев» подробно описаны в работах [5, 6], а с методом популяционного синтеза можно ознакомиться в работе [7].

В настоящей работе популяционный синтез проводился с целью получить распределение по суммарным массам сливающихся под действием магнитного звездного ветра звезд главной последовательности, а также оценить частоту таких событий, количество звезд – возможных результатов слияний и их долю среди всех звезд соответствующих спектральных классов.

2. Результаты и заключение

На рис. 1 представлено распределение по массам Ар-звезд, которыми в настоящей работе считаются звезды главной последовательности, образованные слияниями звезд главной последовательности с конвективными оболочками под действием магнитного звездного ветра. Большинство из них имеет массы в диапазоне $1.7 \div 2.5 M_{\odot}$.

По нашим расчетам частота слияний звезд главной последовательности под действием магнитного звездного ветра в диапазоне масс от 0.75 до $1.5 M_{\odot}$ составляет приблизительно 0.0037 в год в Галактике, а полное число звезд главной последовательности, образованных слияниями, в Галактике в диапазоне масс от 1.5 до $3 M_{\odot}$

приблизительно равно $2.7 \cdot 10^6$. Полная частота рождения звезд с массами от 1.5 до $3 M_{\odot}$ приблизительно равна 0.26 в год, а их количество — $2.4 \cdot 10^8$ в Галактике. Таким образом, доля звезд главной последовательности, образованных в ходе слияний компонент под действием магнитного звездного ветра, в указанном интервале масс по результатам популяционного синтеза хорошо соответствует доле Ap-звезд в выборке звезд спектрального класса A в ограниченном объеме [3]. Распределение по массам звезд, полученных в результате слияний, отличается от солпитеровского (см. рис. 1). Попытка различить распределения по массам и возрастам между обычными звездами спектральных классов A и B и магнитными Ap- и Bp-звездами была предпринята, например, в работе [8], однако имеющаяся статистика не позволяет сделать однозначный вывод о наличии сходства или расхождения в распределении по массам и возрастам магнитных и обычных A- и B-звезд [1]. Итак, на основании результатов популяционного синтеза можно сделать вывод о том, что по крайней мере часть магнитных Ap- и Bp-звезд может быть образована в результате слияний звезд главной последовательности с конвективными оболочками под действием магнитного звездного ветра².

Вероятно, наблюдательные особенности Ap-звезд (сильные магнитные поля, особенности химического состава и осевого вращения) могут быть объяснены именно тем, что подобные звезды являются остатками слияний тесных двойных звезд главной последовательности [9].

Работа А.И. Богомазова поддержана грантом президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-142.2009.2, а также частично поддержана грантом аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» 2.1.1/2906 и грантом программы государственной поддержки ведущих научных школ НШ-7179.2010.2.

Работа А.В. Тутукова поддержана программой ОФН РАН «Протяженные объекты во Вселенной», программой Президиума РАН «Происхождение и эволюция объектов во Вселенной», программой поддержки ведущих научных школ РФ (грант НШ 4354.2008.2), грантами РФФИ 08-01-00615, 07-02000454, 10-01-00016, 08-02-000371, интеграционным проектом СО РАН № 103.

Summary

A.I. Bogomazov, A.V. Tutukov. Ap Stars as a Possible Result of Tight Binary Components Merging.

The “Scenario Machine” (a computer code designed for studying the evolution of close binaries) was used to study the merging of the main sequence stars under the influence of magnetic stellar wind. We calculated the rates of such events and plotted mass distributions for merging stars. It is shown that at least some of the magnetic Ap and Bp stars may be formed by merging of the low-mass main sequence stars ($M \lesssim 1.5 M_{\odot}$) with convective envelopes.

Key words: Ap stars, merging of close binaries.

Литература

1. North P., Babel J., Erspamer D. The evolution of Ap stars // Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso. — 2008. — V. 38. — P. 375–384.

²Мы предполагаем, что магнитный звездный ветер изменяет момент вращения согласно формуле (1) в системах, состоящих из двух звезд главной последовательности с конвективными оболочками, массы обеих звезд заключены в пределах $0.75 \div 1.5 M_{\odot}$. Предполагается также, что после слияния вещество компонент полностью перемешивается.

2. Тутуков А.В., Федорова А.В. Возможные сценарии образования Ар/Вр-звезд // Астрон. журн. – 2010. – Т. 87, № 2. – С. 178–185.
3. Power J., Wade G., Auriere M., Silvester J., Hanes D. Properties of a volume-limited sample of Ap-stars // Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso. – 2008. – V. 38. – P. 443–444.
4. Масевич А., Тутуков А. Эволюция звезд: теория и наблюдения. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
5. Lipunov V.M., Postnov K.A., Prokhorov M.E. The Scenario Machine: Binary Star Population Synthesis. – Amsterdam: Harwood Acad. Publ., 1996. – 220 p.
6. Липунов В.М., Постнов К.А., Прохоров М.Е., Богомазов А.И. Описание «Машины сценариев» // Астрон. журн. – 2009. – Т. 86, № 10. – С. 985–1013.
7. Попов С.Б., Прохоров М.Е. Популяционный синтез в астрофизике // Усп. физ. наук. – 2007. – Т. 177, № 11. – С. 1179–1206.
8. Hubrig S., North P., Mathys G. Magnetic AP Stars in the Hertzsprung–Russell Diagram // Astrophys. J. – 2000. – V. 539, No 1. – P. 352–363.
9. Bidelman W.P. The magnetic B and A stars – their cause and cure // The Observatory. – 2002. – V. 122. – P. 343–345.

Поступила в редакцию
07.02.11

Богомазов Алексей Иванович – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова.

E-mail: bogomazov@sai.msu.ru

Тутуков Александр Васильевич – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физики и эволюции звезд Института астрономии РАН.